

Ultrasound Characteristics خصائص الموجات فوق الصوتية

Ultrasound pulses have several physical characteristics that should be considered in order to adjust the imaging procedure for specific diagnostic applications. تتمتع نبضات الموجات فوق الصوتية بالعديد من الخصائص الفيزيائية التي ينبغي أخذها في الاعتبار من أجل ضبط إجراء التصوير لتطبيقات تشخيصية محددة.

Frequency

Frequency (f) is the number of wavelengths that pass per unit time. It is measured as *cycles (or wavelengths) per second and the unit is hertz (Hz)*. It is a *specific feature* of the crystal used in the ultrasound transducer. It can be varied by the operator within set limits - **the higher the frequency, the better the resolution but the lower the penetration.** التردد هو عدد الأطوال الموجية التي تمر في وحدة الزمن. ويتم قياسه بدورات (أو أطوال موجية) في الثانية والوحدة هي هيرتز (هرتز). إنها ميزة محددة للبلورة المستخدمة في محول الطاقة بالموجات فوق الصوتية. يمكن للمشغل تغييره ضمن الحدود المحددة - كلما زاد التردد، كانت الدقة أفضل ولكن كلما انخفض الاختراق.

Ultrasound Pulse Frequency يتحدد نبض الموجات فوق الصوتية

- The range (2- 20 MHz)
- Determined by the transducer يتم تحديده بواسطة محول الطاقة
- Affects Absorption and Penetration يؤثر على الامتصاص والاختراق
- Affects image Detail يؤثر على تفاصيل الصورة

The frequency of ultrasound pulses must be carefully selected **to provide a proper balance between image detail and depth of penetration.** In general, **high frequency pulses produce higher quality images but cannot penetrate very far into the body.** يجب اختيار تردد نبضات الموجات فوق الصوتية بعناية لتوفير التوازن المناسب بين تفاصيل الصورة وعمق الاختراق. بشكل عام، تنتج النبضات عالية التردد صورًا ذات جودة أعلى ولكنها لا تستطيع اختراق الجسم بعيدًا.

The frequency of sound is determined by the source. In diagnostic ultrasound equipment, the source of sound is **the transducer.** The major element within the transducer is **a crystal designed to vibrate with the desired frequency.** A special property of the crystal material is that it is **piezoelectric.** This means that the crystal will **deform if electricity is applied to it.** If the transducer is activated by a **single electrical pulse, the transducer will vibrate,** or "ring," for a short period of time. يتم تحديد تردد الصوت حسب المصدر. في أجهزة الموجات فوق الصوتية التشخيصية، مصدر الصوت هو محول الطاقة. العنصر الرئيسي داخل محول الطاقة هو بلورة مصممة للاهتزاز بالتردد المطلوب. الخاصية الخاصة للمادة البلورية هي أنها كهروضغطية. وهذا يعني أن البلورة سوف تتشوه إذا تم تطبيق الكهرباء عليها. إذا تم تنشيط محول الطاقة بواسطة نبضة كهربائية واحدة، فسوف يهتز محول الطاقة أو "يرن" لفترة قصيرة من الزمن.

This *creates an ultrasound pulse as opposed to a continuous ultrasound wave*. The ultrasound pulse *travels into the tissue in contact with the transducer and moves away from the transducer surface*. A given *transducer is often designed to vibrate with only one frequency, called its resonant frequency*. Therefore, the only way to change ultrasound *frequency is to change transducers*. This is a factor that must be considered when selecting a transducer for a specific clinical procedure. يؤدي هذا إلى إنشاء نبض بالموجات فوق الصوتية بدلاً من الموجات فوق الصوتية المستمرة. ينتقل نبض الموجات فوق الصوتية إلى الأنسجة الملامسة لمحول الطاقة ويتحرك بعيداً عن سطح محول الطاقة. غالباً ما يتم تصميم محول معين ليهتز بتردد واحد فقط، يسمى تردد الرنين. ولذلك، فإن الطريقة الوحيدة لتغيير تردد الموجات فوق الصوتية هي تغيير محولات الطاقة. وهذا عامل يجب أخذه في الاعتبار عند اختيار محول الطاقة لإجراء سريري محدد.

Certain frequencies are more appropriate for certain types of examinations than others. Some transducers are capable of producing different frequencies. For these the ultrasound frequency is *determined by the electrical pulses applied to the transducer*. ترددات معينة أكثر ملاءمة لأنواع معينة من الامتحانات من غيرها. بعض محولات الطاقة قادرة على إنتاج ترددات مختلفة. بالنسبة لهذه الموجات، يتم تحديد تردد الموجات فوق الصوتية بواسطة النبضات الكهربائية المطبقة على محول الطاقة.

Velocity سرعة

Propagation Velocity (v) *is the speed that sound waves propagate through a medium and depends on tissue density and compressibility*. The relationship between these variables is expressed by the *Wave Equation*. In *soft tissue* propagation velocity is relatively constant at *1540 m/s* and this is the value assumed by *ultrasound machines for all human tissue*. Hence *wavelength is inversely proportional to frequency*. سرعة الانتشار هي السرعة التي تنتشر بها الموجات الصوتية عبر وسط ما وتعتمد على كثافة الأنسجة وقابليتها للانضغاط. يتم التعبير عن العلاقة بين هذه المتغيرات بواسطة المعادلة الموجية. تكون سرعة انتشار الأنسجة الرخوة ثابتة نسبياً عند 1540 م/ث، وهذه هي القيمة التي تفترضها أجهزة الموجات فوق الصوتية لجميع الأنسجة البشرية. وبالتالي فإن الطول الموجي يتناسب عكسياً مع التردد.

Factors Related to Ultrasound Pulse Velocity: العوامل المتعلقة بسرعة نبض الموجات فوق الصوتية

➤ Determined by the material *تحده المادة*

Affects the depth dimension in the image *يؤثر على بعد العمق في الصورة*

➤ Average for soft tissue: 1540 m/s, for air: 330 m/s *متوسط الأنسجة الرخوة: 1540 م/ث، للهواء: 330 م/ث*

The importance of the speed of ultrasound is that it is *used to locate the depth of the structures in the body*. The speed of sound travels through a medium is determined by *the characteristics of the medium*

and not characteristics of the sound. The velocity of longitudinal, or compression, sound waves in which the particles of the medium vibrate in the direction of wave propagation, in liquids like tissue and gases, is given by: يتم تحديد سرعة الموجات فوق الصوتية في أنها تستخدم لتحديد عمق الهياكل الموجودة في الجسم. يتم تحديد سرعة انتقال الصوت عبر وسط ما من خلال خصائص الوسط وليس خصائص الصوت. يتم إعطاء سرعة الموجات الصوتية الطولية أو المضغوطة التي تهتز فيها جزيئات الوسط في اتجاه انتشار الموجة، في السوائل مثل الأنسجة والغازات، من خلال:

$$(velocity) v = \sqrt{\frac{\text{"Stiffness"}}{Density}}$$

Where "stiffness" is a factor related to the *elastic properties of the medium* or *the bulk modulus*. The velocities of sound through several materials are given in the table 8.1. حيث "الصلابة" هي عامل متعلق بالخصائص المرنة للوسط أو معامل الحجم. يتم عرض سرعات الصوت عبر العديد من المواد في الجدول 8.1.

Most ultrasound systems are set up to determine *distances using an assumed velocity of 1540 m/sec*. This means that displayed *depths will not be completely accurate in materials that produce other ultrasound velocities such as fat and fluid*. تم إعداد معظم أنظمة الموجات فوق الصوتية لتحديد المسافات باستخدام سرعة مفترضة تبلغ 1540 م / ثانية. وهذا يعني أن الأعماق المعروضة لن تكون دقيقة تمامًا في المواد التي تنتج سرعات الموجات فوق الصوتية الأخرى مثل الدهون والسوائل.

Table 8.1: Approximate Velocity of Sound in Various Materials

Material	Velocity (m/sec)
Fat	1450
Water	1480
Soft tissue (average)	1540
Bone	4100

Wavelength

Wavelength (λ) is the distance sound travel during the period of one vibration which is the distance between two areas of maximal compression (or rarefaction) (figure 8.10). The importance of wavelength is that *the penetration of the ultrasound wave is proportional to wavelength and image resolution is no more than 1-2 wavelengths*. الطول الموجي (λ) هو مسافة انتقال الصوت خلال فترة اهتزاز واحد وهي المسافة بين منطقتين ذات أقصى ضغط (أو تخلخل) (الشكل 8.10). تكمن أهمية الطول الموجي في أن اختراق الموجات فوق الصوتية يتناسب مع الطول الموجي وأن دقة الصورة لا تزيد عن 1-2 طول موجي.

It is typically measured between *two easily identifiable points, such as two adjacent crests or troughs in a waveform*. Wavelength is *inversely proportional to frequency*. That means if two waves are traveling at the same speed, *the wave with a higher frequency will have a shorter wavelength*. Likewise, if one wave has *a longer wavelength than another wave, it will also have a lower frequency if both waves are traveling at the same speed*. يتم قياسه عادةً بين نقطتين يمكن التعرف عليهما بسهولة ، مثل ذرتين متجاورتين أو قاع في شكل موجة. الطول الموجي يتناسب عكسياً مع التردد. هذا يعني أنه إذا كانت موجتان تسيران بنفس السرعة ، فإن الموجة ذات التردد الأعلى سيكون لها طول موجي أقصر. وبالمثل ، إذا كان للموجة طول موجي أطول من موجة أخرى ، فسيكون لها أيضاً تردد أقل إذا كانت كلتا الموجتين تتحركان بنفس السرعة.

Although *wavelength* is not a unique property of a given ultrasound pulse, it is of some significance because it determines the *size (length) of the ultrasound pulse*. This has an effect on *image quality*. على الرغم من أن الطول الموجي ليس خاصية فريدة لنبضة الموجات فوق الصوتية، إلا أنه له بعض الأهمية لأنه يحدد حجم (طول) نبضة الموجات فوق الصوتية. وهذا له تأثير على جودة الصورة.

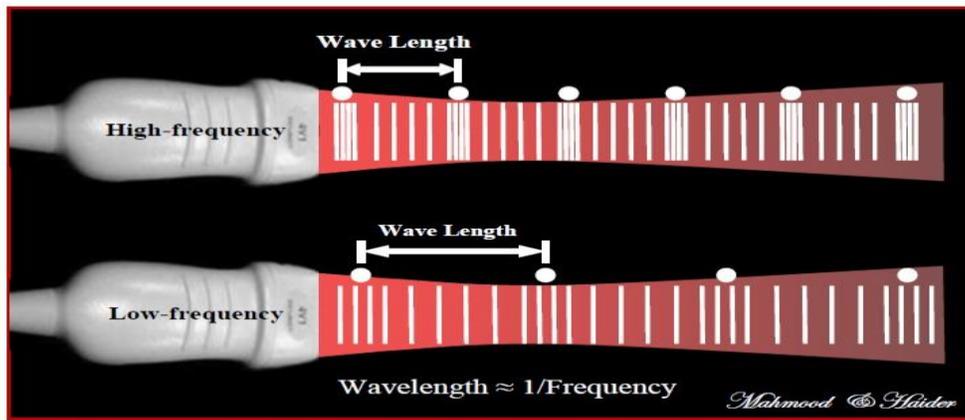


Figure 8.10: Dependence of Pulse Length on Wavelength and Frequency.

Figure 8.11 shows both *temporal and spatial (length) characteristics related to the wavelength*. A typical *ultrasound pulse consists of several wavelengths or vibration cycles*. The *number of cycles within a pulse is determined by the damping characteristics of the transducer*. Damping is what *keeps the transducer element from continuing to vibrate and produce a long pulse*. يوضح الشكل 8.11 الخصائص الزمنية والمكانية (الطول) المتعلقة بطول الموجة. تتكون نبضة الموجات فوق الصوتية النموذجية من عدة أطوال موجية أو دورات اهتزاز. يتم تحديد عدد الدورات داخل النبضة من خلال خصائص التخميد لمحول الطاقة. التخميد هو ما يمنع عنصر محول الطاقة من الاستمرار في الاهتزاز وإنتاج نبضة طويلة.

The period is the time required for one vibration cycle. It is the *reciprocal of the frequency*. *Increasing the frequency decreases the period*. In other words, *wavelength is simply the ratio of velocity to frequency or the product of velocity and the period*. This means that the wavelength of ultrasound is determined by the characteristics of both the transducer (frequency) and the material through which the sound is passing (velocity).

الفترة هي الوقت اللازم لدورة اهتزاز واحدة. وهو مقلوب التردد. زيادة التردد يقلل الفترة. بمعنى آخر، الطول الموجي هو ببساطة نسبة السرعة إلى التردد أو حاصل ضرب السرعة في الدورة. وهذا يعني أن الطول الموجي للموجات فوق الصوتية يتم تحديده من خلال خصائص كل من محول الطاقة (التردد) والمادة التي يمر عبرها الصوت (السرعة).

The amplitude of an ultrasound pulse is the range of pressure excursions (Figure 9.9).

The pressure is related to the degree of tissue displacement caused by the vibration. The amplitude is related to the energy content, or "loudness," of the ultrasound pulse. The amplitude of the pulse as it leaves the transducer is generally determined by how hard the crystal is "struck" by the electrical pulse. هي سعة نبض الموجات فوق الصوتية هي نطاق رحلات الضغط (الشكل 9.9). ويرتبط الضغط بدرجة إزاحة الأنسجة الناتجة عن الاهتزاز. ترتبط السعة بمحتوى الطاقة أو "جهازة الصوت" لنبض الموجات فوق الصوتية. يتم تحديد سعة النبض أثناء خروجه من محول الطاقة بشكل عام من خلال مدى قوة "ضرب" البلورة بواسطة النبض الكهربائي.

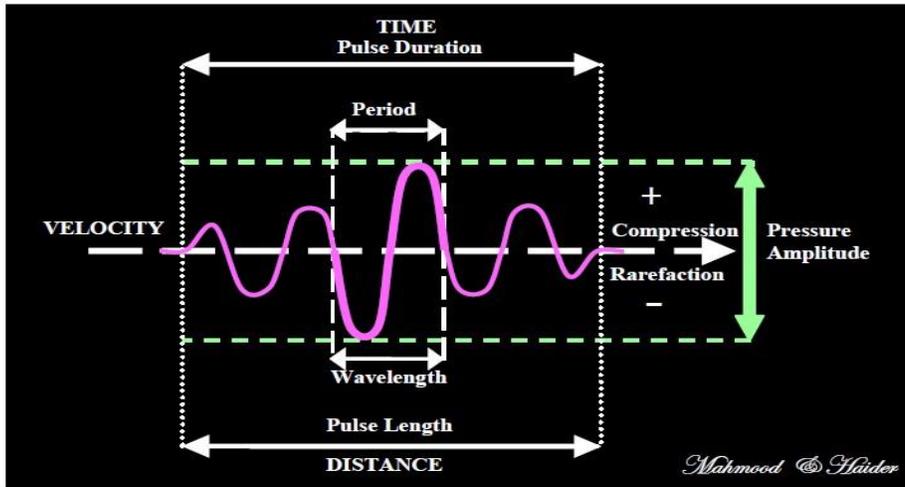


Figure 8.11: The Temporal and Length Characteristics of an Ultrasound Pulse

In ultrasound imaging the significance of wavelength is *that short wavelengths are required to produce short pulses for good anatomical detail (in the depth direction) and this requires higher frequencies.* التصوير بالموجات فوق الصوتية تكمن أهمية الطول الموجي في أن الأطوال الموجية القصيرة مطلوبة لإنتاج نبضات قصيرة للحصول على تفاصيل تشريحية جيدة (في اتجاه العمق) وهذا يتطلب ترددات أعلى.

Amplitude

Amplitude is *the height above the baseline and represents maximal compression.* It is expressed in a *decibel which is a logarithmic scale* (figure 8.12). Most systems have a control on *the pulse generator that changes the size of the electrical pulse and the ultrasound pulse amplitude.* We designate this as the *intensity control*, although different names are used by various equipment manufacturers. السعة هي الارتفاع فوق خط الأساس وتمثل الضغط الأقصى. ويتم التعبير عنها بالديسيبل وهو مقياس لوغاريتمي (الشكل 8.12). تحتوي معظم الأنظمة

The relative pulse amplitude, in decibels, is related to *the actual amplitude ratio by:* ترتبط سعة النبضة النسبية، بالديسيبل، بنسبة السعة الفعلية عن طريق:

$$\text{Relative amplitude (dB)} = 20 \log A_2/A_1$$

When the *amplitude ratio is greater than 1 (comparing a large pulse to a smaller one), the relative pulse amplitude has a positive decibel value*; when *the ratio is less than 1, the decibel value is negative*. In other words, if *the amplitude of a pulse is increased by some means, it will gain decibels, and if it is reduced, it will lose decibels*. عندما تكون نسبة السعة أكبر من 1 (مقارنة نبضة كبيرة بنبضة أصغر)، يكون لسعة النبضة النسبية قيمة ديسيبل موجبة؛ عندما تكون النسبة أقل من 1، تكون قيمة الديسيبل سالبة. بمعنى آخر، إذا تمت زيادة سعة النبضة بوسيلة ما، فإنها ستكتسب ديسيبلًا، وإذا تم تقليلها، فسوف تفقد الديسيبل

Figure 8.13, compares decibel values to pulse amplitude ratios and percent values. The first two pulses differ in amplitude by 1 dB. *In comparing the second pulse to the first, this corresponds to an amplitude ratio of 0.89, or a reduction of approximately 11%*. If the pulse is *reduced in amplitude by another 11%, it will be 2 dB smaller than the original pulse*. If the pulse is once again reduced in amplitude by 11% (of 79%), it will have an amplitude ratio (with respect to the first pulse) of *0.71:1, or will be 3 dB smaller*. يقارن الشكل 8.13 قيم الديسيبل بنسب سعة النبضة وقيم النسبة المئوية. تختلف النبضتان الأوليتان في السعة بمقدار 1 ديسيبل. وبمقارنة النبضة الثانية بالأولى، فإن هذا يتوافق مع نسبة اتساع قدرها 0.89، أو انخفاض بنسبة 11% تقريبًا. إذا تم تقليل سعة النبضة بنسبة 11% أخرى، فستكون أصغر بمقدار 2 ديسيبل من النبضة الأصلية. إذا تم تخفيض اتساع النبضة مرة أخرى بنسبة 11% (79%)، فستكون نسبة الاتساع (بالنسبة للنبضة الأولى) 0,71:1، أو ستكون أصغر بمقدار 3 ديسيبل.

Perhaps the best way to establish a "feel" for the relationship between *pulse amplitude expressed in decibels and in percentage is to notice that amplitudes that differ by a factor of 2 differ by 6 dB*. A reduction in amplitude of *-6 dB divides the amplitude by a factor of 2, or 50%*. *The doubling of pulse amplitude increases it by +6 dB*. ربما تكون أفضل طريقة لإنشاء "إحساس" بالعلاقة بين سعة النبضة المعبر عنها بالديسيبل والنسبة المئوية هي ملاحظة أن السعات التي تختلف بعامل 2 تختلف بمقدار 6 ديسيبل. يؤدي انخفاض السعة بمقدار -6 ديسيبل إلى تقسيم السعة بعامل 2، أو 50%. مضاعفة سعة النبضة تزيدها بمقدار +6 ديسيبل.

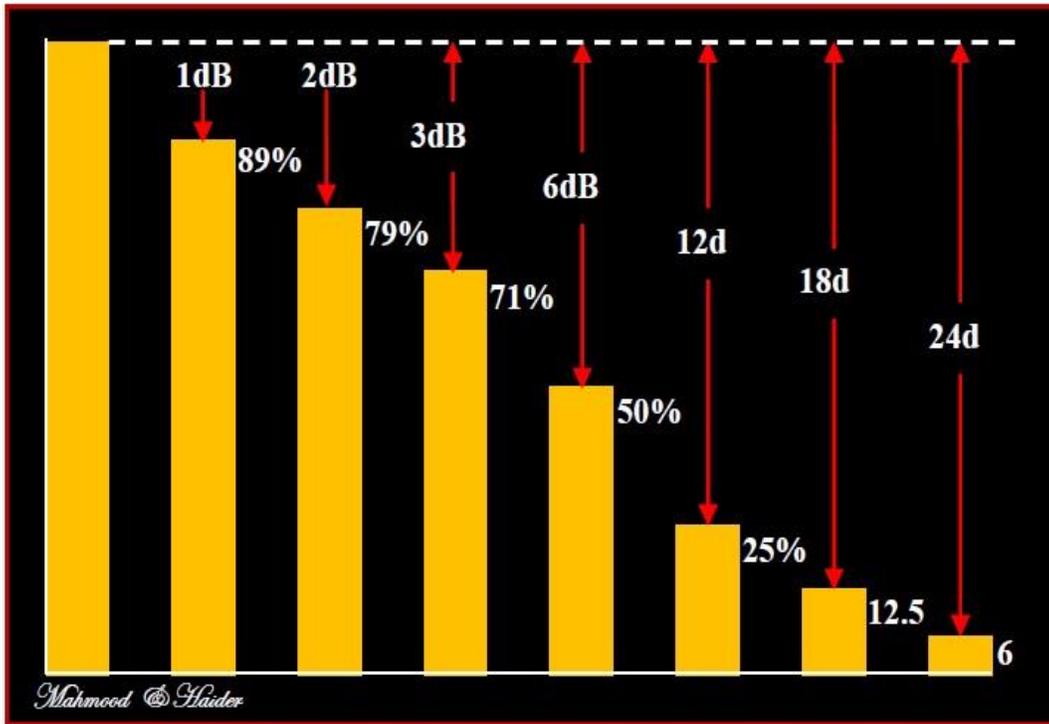


Figure 8.13: Pulse Amplitudes Expressed in Decibels and Percentages.

During its lifetime, an *ultrasound pulse undergoes many reductions in amplitude as it passes through tissue because of absorption*. If the amount of each *reduction is known in decibels, the total reduction can be found by simply adding all of the decibel losses*.

This is much easier than multiplying the various amplitude ratios. خلال فترة حياتها، تخضع نبضة الموجات فوق الصوتية لانخفاضات عديدة في السعة أثناء مرورها عبر الأنسجة بسبب الامتصاص. إذا كان مقدار كل تخفيض معروفاً بالديسيبل، فيمكن العثور على التخفيض الإجمالي ببساطة عن طريق إضافة جميع خسائر الديسيبل. وهذا أسهل بكثير من ضرب نسب السعة المختلفة.

الحمد لله حمد الشاكرين والتائبين

By: Mohammed Jabbar Hussein